

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Výběr upichovacích nožů pro lehké slitiny

Selection of cutting blades for light alloys

Student: Ondřej Pelant

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Pelant**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Výběr upichovacích nožů pro lehké slitiny**
Selection of Cutting Blades for Light Alloys
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Problematiky obrábění lehkých slitin.
3. Výběr vhodných nástrojů.
4. Diskuse experimentů.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

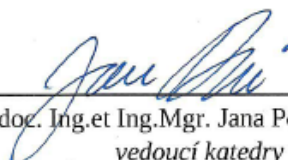
KOCMAN, Karel a PROKOP Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
FOREJT, Milan a PÍŠKA Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina: EDIS Žilina. 2007, 243s. ISBN 978-80-8070-711-8.
SADÍLEK, M.; DUBSKÝ, J. *Obrábění I – Výběr přednášek*. 2015. VŠB – TU Ostrava, 137 s., ISBN 978-80-246-3857-1
AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry

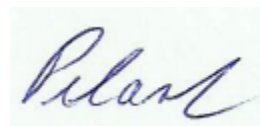



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu

V Ostravě dne 21. Května 2018

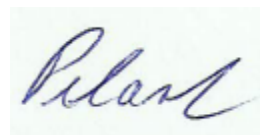


.....
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo)
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně k své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z jejich strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. Května 2018



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Ondřej Pelant

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kolšov 80

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za odborné vedení při zpracování této práce a panu Bc. Janu Tomisovi z firmy Dormer Pramet za věcné připomínky a cenné rady.

Anotace bakalářské práce

PELANT, Ondřej. *Výběr upichovacích nožů pro lehké slitiny: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojní metrologie, 2018, 50 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Bakalářská práce se zabývá výběrem upichovacích nožů pro lehké slitiny, zejména pro obrábění automobilových kol ze slitin hliníku. V úvodní části se práce zabývá slitinami hliníku, jejich obrobiteľností a nástroji pro ně určenými. Dále se zaměřuje na samotné nástrojové držáky, jejich materiál a vlastnosti. Na závěr byl vytvořen sortiment zapichovacích nožů různých výrobců a vytvořen sortiment nejčastějších řešení.

Klíčová slova: lehké slitiny, slitiny hliníku, sortiment, zapichovací nože

Annotation of bachelor thesis

PELANT, Ondřej. *Selection of cutting blades for light alloys: Bachelor thesis*. Ostrava VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 50 s. Thesis head: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

A bachelor thesis is focused on the selection of grooving tools for machining light alloys, especially for machining of car wheels, from an alloy of aluminium. Preface of bachelor thesis is focused on alloys of aluminium, its workability, and on tools used forming them. Next part of bachelor thesis is focused on tool holders, materials which are made of, and its characteristics. In the end, a list of suppliers of grooving tools was made and acquainted with frequent solutions.

Key words: light alloys, aluminium allos, range of products, grooving tools

Úvod	10
1. Obecná charakteristika daného problému	11
1.1 Dormer Pramet	11
2. Problematika obrábění lehkých slitin – Slitiny hliníku	12
2.1 Výroba hliníku.....	12
2.2 Slitiny hliníku	12
2.2.1 Slitiny pro tváření.....	12
2.2.2 Slévárenské slitiny	13
2.3 Značení hliníkových slitin	14
2.4 Hliníkové disky	14
2.4.1 Výroba kol ze slitin hliníku.....	15
2.4.2 Lití kol.....	15
2.4.3 Kování kol.....	16
2.5 Rozdělení obráběných materiálů	16
2.6 Obrobitelnost hliníkových slitin.....	17
3. Výběr vhodných nástrojů	18
3.1 Geometrie nástrojového držáku.....	19
3.2 Upínací systémy nástrojových držáků.....	19
3.2.1 CAPTO.....	19
3.2.2 OvalFlex	20
3.2.3 Monoblock – VDI	20
3.2.4 Hydraulické upínání	21
3.2.5 Tepelné upínání	21
3.3 Upínací systémy vyměnitelných břitových destiček	22
3.4 Konstrukční materiály nástrojového držáku.....	23
3.5 Povrchové úpravy nástrojového držáku	23
3.5.1 Černění	23
3.5.2 Niklování.....	23
3.5.2.1 Chemické niklování	24

3.5.2.2 Galvanické niklování	24
3.6 Řezné materiály pro hliníkové slitiny	24
3.6.1 Slinuté karbidy	24
3.6.2 Polykrystalický diamant.....	25
3.7 Povrchové úpravy nástrojů.....	26
3.7.1 Povlakování.....	26
3.7.1.1 Metoda PVD	27
3.7.1.2 Metoda CVD.....	27
3.7.1.3 Metoda MTCVD.....	28
3.7.1.4 Metoda PACVD.....	29
3.7.2 Leštění	29
3.8 Obrábění automobilových kol ze slitin hliníku	30
3.9 Operace při soustružení	31
3.10 Výběr ze sortimentu výrobců	32
3.10.1 Kyocera Precision Tools, Inc.	32
3.10.2 Korloy	33
3.10.3 Iscar	34
3.10.4 Sandvik Coromant.....	36
3.10.5 Ceratizit.....	37
3.10.6 Kennametal	39
4. Diskuse experimentů	40
4.1 Sortiment pro vnější soustružení	40
4.2 Sortiment pro vnitřní soustružení	41
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.	43
Závěr.....	44
Použitá literatura.....	45
Seznam tabulek.....	49
Seznam příloh.....	50

Seznam použitých značek a symbolů

ZNAČKA	NÁZEV	JEDNOTKA
CVD	Chemical Vapour Deposition	[-]
HPHT	Hight Pressure, High Temperature	[-]
MTCVD	Middle Temperature Chemical Vapour Deposition	[-]
PACVD	Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition	[-]
PKD	Polykrystalický diamant	[-]
PVD	Physical Vapour Deposition	[-]
Rm	Mez pevnosti	[MPa]
RO	Rychlořezná ocel	[-]
Rp	Mez kluzu	[MPa]
SK	Slinutý karbid	[-]
VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]

Úvod

Lehké slitiny, zejména slitiny hliníku mají široké uplatnění především díky své chemické odolnosti a nízké hmotnosti. Využívají se v podstatě ve všech odvětvích průmyslu. Největší množství se využívá v potravinářském průmyslu na výrobu plechovek a obalových fólií. Na druhém místě se nachází automobilový a letecký průmysl a na třetím elektrotechnický průmysl, kde se z něj dříve vyráběly především vodiče. V automobilovém průmyslu se hliníkových slitin využívá při výrobě velké části komponentů. Od bloku motoru, přes kostru karosérie až po litá nebo kovaná kola.

Bakalářská práce je zaměřena na vytvoření sortimentu nástrojových držáků od předních světových výrobců určených speciálně pro obrábění hliníkových kol. Teoretická část práce se zabývá hliníkem jako prvkem, jeho slitinami, obrobiteľností a vhodnými nástrojovými materiály. Dále také samotnými nástrojovými držáky.

Praktická část se již zabývá vytvořením požadovaného sortimentu nástrojových držáků. Mnoho výrobců má určené nástroje i jejich držáky přímo pro obrábění hliníkových kol. Poté byly podle určitých parametrů vybrány nástroje i od ostatních výrobců a vytvořen přehled nejčastěji nabízených nástrojů.

V závěru práce je shrnutý obsah teoretické i praktické části práce. Dále popsán postup vytváření sortimentu s ohledem na nejvyšší počet řešení.

1. Obecná charakteristika daného problému

Bakalářská práce je zpracována pro firmu Dormer Pramet. Cílem bylo vytvoření přehledu sortimentu zapichovacích nožů od různých výrobců určených pro obrábění automobilových kol ze slitin hliníku. Celkový přehled byl vytvořen s ohledem na nejvyšší četnost řešení s popisem odlišností mezi jednotlivými výrobci.

1.1 Dormer Pramet

Společnost Dormer Pramet vznikla v roce 2014 spojením společnosti Pramet Tools a výrobcem monolitních nástrojů Domer Tools. Samotný Pramet Tools má více než 60leté zkušenosti ve výrobě slinutého karbidu. Kromě výroby se zabývá také kompletním vývojem nástrojů a vyměnitelných břitových destiček. Sloučení těchto dvou společností významně doplnilo sortiment na trhu. V její nabídce se nachází jak monolitní nástroje, tak i nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami pro soustružení, frézování, závitování a vrtání. Firma dodává své výrobky téměř do všech evropských zemí a stále více jich směřuje do Jižní Ameriky a Asie. Kromě toho je jedním z předních dodavatelů v rámci české republiky. ¹

2. Problematika obrábění lehkých slitin – Slitiny hliníku

Hliník je třetí nejrozšířenější prvek na Zemi po kyslíku a křemíku. V čerstvém řezu je stříbřitě bílý, lesklý a velmi lehký kov. Jde o velmi dobrý vodič elektrického proudu využívaný v elektrotechnice a v leteckém průmyslu a mnoha dalších ve formě slitin.^{2,3}

2.1 Výroba hliníku

Výroba hliníku probíhá elektrolýzou z taveniny předem přečištěného bauxitu při teplotě okolo 950°C. Na katodě se vylučuje elementární hliník a na grafitové anodě vzniká kyslík, který reaguje s materiálem elektrody, čímž dochází ke vzniku toxického plynného oxidu uhelnatého. Ze 4 tun bauxitu vzniká pouze 1 tuna čistého hliníku, zbytek tvoří odpad.^{2,3}

2.2 Slitiny hliníku

Z důvodu malé pevnosti čistého hliníku se využívá především jeho slitin s různými prvky. Zjednodušeně se rozdělují na:

- Slitiny pro tváření (vytvrditelné, nevytvrditelné)
- Slévárenské slitiny

2.2.1 Slitiny pro tváření

Nejvýznamnějšími slitinami pro tváření, jsou slitiny vytvrditelné, které po tepelném zpracování výrazně zvýší své mechanické vlastnosti. Patří k nim slitiny na bázi Al-Cu, Al-Cu-Mg, které jsou známy pod názvem duraly. Tyto materiály dosahují velmi dobrých mechanických vlastností ve vytvrzeném stavu, ale mají špatnou korozní odolnost oproti čistému hliníku. Pro zvýšení korozní odolnosti se duralové součástky pokrývají tenkou vrstvou hliníku. Největší využití mají především v leteckém a automobilovém průmyslu. Při použití za zvýšených teplot (do 300°C) např. u pístů spalovacích motorů se používají slitiny Al-Cu-Mg s přísadami Si, Ni, Fe nebo Ti.⁴

Nevytvrditelné slitiny mají dobrou korozní odolnost i bez povrchových úprav. Dále jsou dobře svařitelné, tvárné a mají dobrou lomovou houževnatost. U této skupiny slitin nelze mechanické vlastnosti moc zlepšit. Jejich vyšší pevnost souvisí především se substitučním zpevněním tuhého roztoku. Dalšího zpevnění lze dosáhnout pouze tvářením za studena. Jde především o slitiny Al-Mn a Al-Mg. Slitiny Al-Mn se používají zejména v potravinářském, nebo automobilovém průmyslu. Co se týče slitin Al-Mg, ty mají využití například při výrobě lodních trupů, díky své odolnosti mořské vodě.⁴

Jako příklad je uvedena slitina AlMgSi (ČSN 42 4401). Jde o slitinu s dobrou tvárností, odolností proti korozi a leštitelností. Ve vytvrzeném stavu dosahuje dobré obrobitelnosti. Využívá se ve všech průmyslových odvětvích. Například pro výrobu kabin letadel a vrtulníků, stožáry, mostové jeřáby.

Chemické složení

Tabulka 1 – Chemické složení slitiny AlMgSi ⁴⁰

Prvek	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	Cr [%]	Zn [%]	Ti [%]	Al [%]
Množství	0,30 – 0,70	0,05 – 0,40	0,10	0,10	0,40 – 0,90	0,10	0,20	0,05 – 0,20	Zbytek do 100

2.2.2 Slévárenské slitiny

Využívají se k výrobě tvarových odlitků tlakovým litím, litím do písku, nebo do kokových forem. Mechanické vlastnosti jsou ovlivněny způsobem odlévání, kdy maximální pevnost je kolem 250 MPa. Nejvýznamnější jsou slitiny Al-Si, které jsou známé pod názvem siluminy. Hlavní legujícím prvkem je křemík, dále měď, hořčík, nebo zinek. Obsah křemíku má špatný vliv na obrobitelnost, ale zvyšuje tvrdost a zlepšuje lící vlastnosti. Nejpoužívanější slitiny jsou Al-Si-Mg a Al-Si-Cu. ⁵

Jedna ze slitin používaných pro výrobu litím je např. AlSi7Mg0,3. Jde o slitinu s vysokou pevností, odolností proti korozi a s dobrými slévárenskými vlastnostmi.

Chemické složení

Tabulka 2 – Chemické složení slitiny AlSi7Mg0,3 ³⁹

Prvek	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]	Zn [%]	Ti [%]	Al [%]
Množství	6,5 – 7,5	0,19	0,05	0,10	0,25	0,07	0,08-0,25	Zbytek do 100

Mechanické vlastnosti

Tabulka 3 – Mechanické vlastnosti slitiny AlSi7Mg0,3 ³⁹

Rp (0,2)	Rm	Tažnost (A5)
220 MPa	300 MPa	4%

2.3 Značení hliníkových slitin

Slitiny hliníku jsou podle svého rozdělení označovány dvěma normami. Slitiny pro tváření se řídí normou ČSN EN 573-1 až 3 a slitiny na odlitky podle ČSN EN 1706.

Slitiny pro tváření jsou označovány písmeny EN AW xxxx. Kdy písmeno A označuje hliník, písmeno W určuje tvářené výrobky a následující čtyřčíslí chemické složení. U slitiny pro odlitky je značení obdobné, pouze s rozdílem, že písmeno W je nahrazeno písmenem C, které určuje odlitky. První ze čtyř číslic udává skupinu slitin: ⁴¹

- Řada 1000 – Obsah Al minimálně 99,00 %
- Řada 2000 – slitina AlCu
- Řada 3000 – slitina AlMn
- Řada 4000 – slitina AlSi
- Řada 5000 – slitina AlMg
- Řada 6000 – slitina AlMgSi
- Řada 7000 – slitina AlZn
- Řada 8000 – slitina Al s dalšími různými prvky.

2.4 Hliníkové disky

Rozhodujícím faktorem při výběru hliníkových kol je samozřejmě cena a vzhled. Kola se vyrábí nejrůznějších tvarů. (viz. Obr. 1)



Obrázek 1 – Příklad hliníkového kola ⁶

Jejich hlavní výhodou kromě vzhledu je zlepšení jízdních vlastností. Hliníková kola mají výrazně nižší hmotnost oproti plechovým diskům, díky čemu dochází ke snížení spotřeby paliva a zlepšení jízdních vlastností. Kromě toho mnohem lépe odvádějí teplo, takže dochází k lepšímu ochlazení pneumatik a brzd, což se projevuje na jejich životnosti. Hlavní nevýhodou je jejich nižší tuhost materiálu, kvůli čemu je nutné citlivě

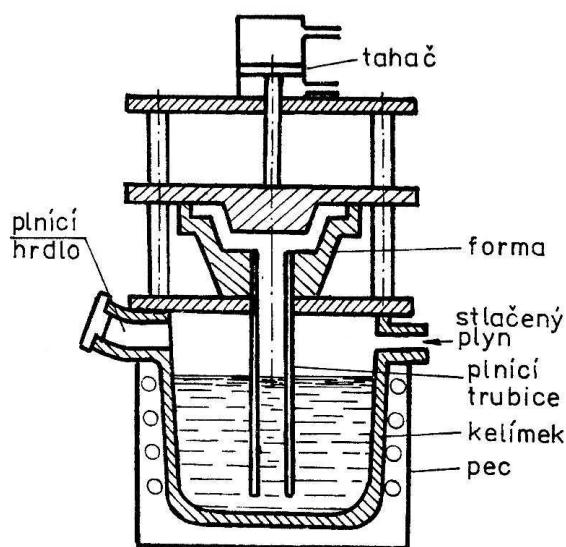
dotahovat matice kol. V zimním období hrozí vniknutí nečistot (např. kousku šterku) do brzdného systému, což ho může výrazně poškodit.⁷

2.4.1 Výroba kol ze slitin hliníku

Pro výrobu se používají dva základní způsoby výroby. Prvním z nich je lití taveniny do připravené formy. Druhým způsobem je kování, kdy se za použití vysokých tlaků a teplot vtlačí polotovar do zápustky. Následně je potřeba kola obrobit na přesný požadovaný rozměr.

2.4.2 Lití kol

Litá kola se nejčastěji vyrábí pomocí nízkotlakého lití. Pracovní postup spočívá ve vytlačování taveniny z udržovací pece trubicí vzhůru do licí formy. Na hladinu taveniny působí přetlak, díky čemu je tavenina plynule vtlačována do formy. Hlavní výhodou je, že při tomto způsobu výroby v odlitku nevznikají vměstky a plynové bubliny. Využití roztaveného kovu se pohybuje okolo 97%.⁸



Obrázek 2 - Technologie nízkotlakého lití⁸

2.4.3 Kování kol

Kování je výrobní technologie, při které dochází ke kompresi materiálu, díky čemu se zvyšuje odolnost, nosnost a pružnost kola. Další nespornou výhodou kovaných kol je jejich výrazně nižší hmotnost. Polotovarem jsou válce hliníkové slitiny o průměru 300 mm a výšce 600 mm. Pro kování se používá slitina bez obsahu křemíku, díky čemu je možné výsledný povrch vyleštit na vysokou lesklost. Před každým krokem se výkovek ohřívá na 400°C.^{9, 10}



Obrázek 6 — Polotovar⁹



Obrázek 5 – Výkovek po prvním kroku⁹



Obrázek 4 – Výkovek po druhém kroku⁹



Obrázek 3 – Finální výkovek⁹

2.5 Rozdělení obráběných materiálů

Obráběné materiály jsou rozděleny do šesti základních skupin v souladu s ISO standardy. Každá z těchto skupin má specifické vlastnosti z hlediska obrobitelnosti.⁴²

ISO P (označené modrou barvou) – Pod tímto označením se nachází oceli. Jedná se o nelegované tak i vysokolegované oceli, které obsahují více než 5% legujících prvků.⁴²

ISO M (označené žlutou barvou) – Takto se značí korozivzdorné, žárupevné a žáruvzdorné oceli.⁴²

ISO K (označené červenou barvou) – Toto označení zahrnuje litiny. Přesněji šedou legovanou i nelegovanou litinu, dále tvárnou a temperovanou litinu.⁴²

ISO N (označené zelenou barvou) – Označení neželezných kovů. Hliníkových, horčíkových slitin. Dále slitin mědi, bronzu, mosazi, keramiky a dalších.⁴²

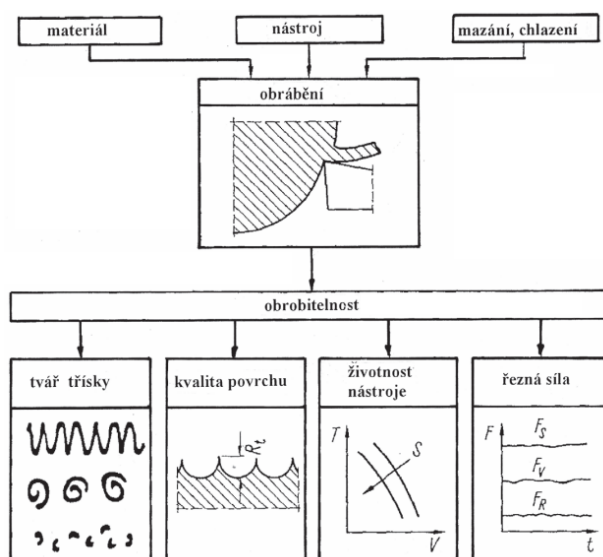
ISO S (označené hnědou barvou) – Takto se značí superslitiny a titan. Přesněji speciální žáruvzdorné slitiny na bázi niklu a kobaltu. Dále titan a slitiny titanu.⁴²

ISO H (označené šedou barvou) – Pod tímto označením se nachází oceli o tvrdosti až 65 HRC a tvrzené litiny dosahující tvrdosti až 600 HRC. Všechny tyto materiály jsou obtížně obrobitelné.⁴²

2.6 Obrobitelnost hliníkových slitin

Technologické vlastnosti materiálu jsou soubor fyzikálních a mechanických vlastností materiálu. Mezi nejdůležitější patří slévatelnost, tvárnost, obrobitelnost a svařitelnost.¹¹

Obrobitelnost zahrnuje různé parametry a vlastnosti, které umožňují odebrání materiálu s co nejmenšími náklady. V první řadě jde o životnost nástrojů, řezné síly, přesnost rozměrů obrobku a kvalitu povrchu. Tyto parametry jsou schematicky uvedeny na obrázku 7. Parametry, které většinou zlepšují vlastnosti materiálu, pro změnu zhoršují jeho obrobitelnost. Pro zlepšení obrobitelnosti se slitiny legují různými prvky a příměsemi, aby došlo k získání optimálních řezných podmínek. Mezi hlavní legující prvky patří olovo a bismut, které zlepšují mechanické vlastnosti.¹¹



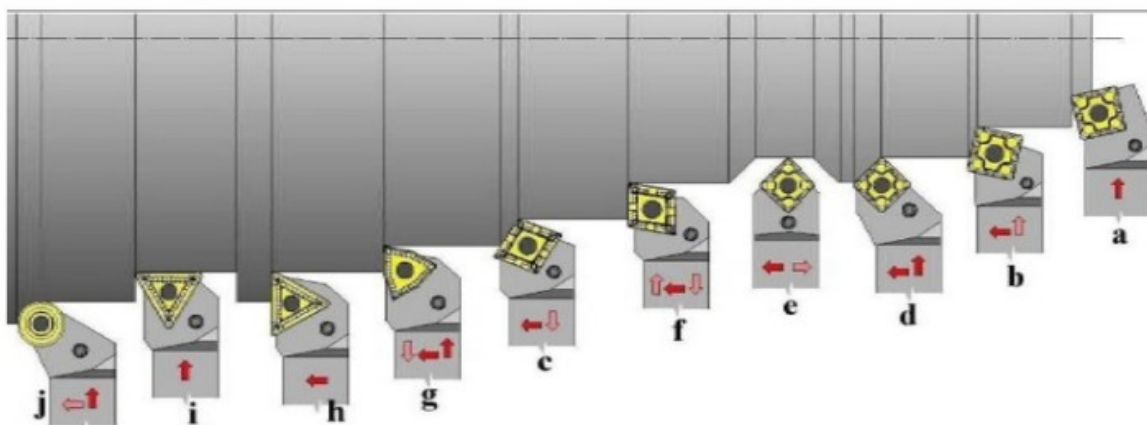
Obrázek 7 - Parametry charakterizující obrobitelnost.¹¹

Ve srovnání s ostatními konstrukčními materiály patří hliníkové slitiny mezi ty lépe obrobitelné. Při obrábění hliníkových slitin jsou řezné síly mnohem menší, než u ocelí stejné pevnosti. Na obrobitelnost má podstatný vliv struktura daného materiálu. Především vliv precipitátů, konstrukčních fází, měkkých částic a také stupeň deformačního zpevnění. Obrobitelnost se hodnotí na základě vizuálního hodnocení tvaru třísky. Tříska je podle tvaru rozdělena do pěti základních skupin označovanými písmeny A až E.¹¹

- Skupina A – slitina je dobře obrobitelná, vytváří drobné šupiny a kvalita výsledného povrchu je výborná
- Skupina B – tříska vzniká v podobě drobných svitků, nebo dobře lámavých šupin. Obrobený povrch se hodnotí jako dobrý až výborný
- Skupina C, D – do těchto dvou skupin patří tzv. spojitá tříska. Kvalita obrobeného povrchu je uspokojivá až dobrá.
- Skupina E – pod tento typ spadá špatná tříska. V tomto případě je nutné nastavit podmínky obrábění pro dosažení lepší třísky a tím i lepšího povrchu.¹¹

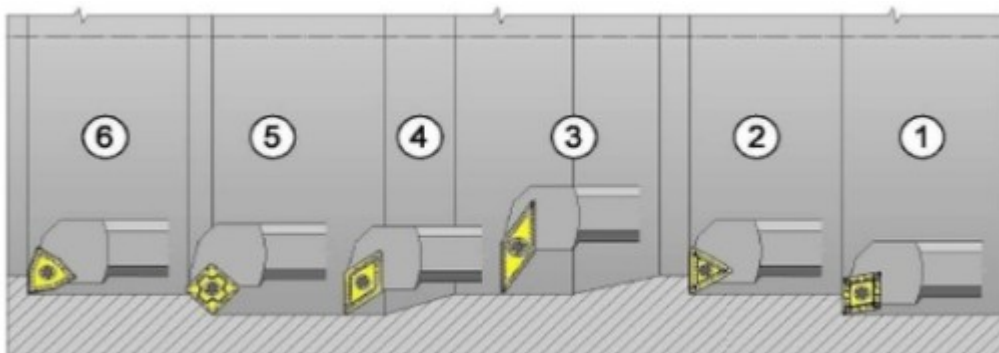
3. Výběr vhodných nástrojů

Soustružnické nože jsou nejčastěji jednobřité nástroje používané při obrábění na soustruhu. Rozdělují se do několika základních skupin podle obráběné plochy, velikosti odebírané třísky, směru obrábění atd. Nože jsou označovány podle ISO norem 243 a 514.¹²



Obrázek 8 - Vnější soustružnické nože¹²

a – ubírací nůž čelní, b – ubírací nůž přímý, d – ubírací nůž ohnutý, e – ubírací nůž oboustranný, f – rohový nůž, g – rohový nůž, h – ubírací nůž stranový, i – hladicí nůž, j – rádiusový nůž



Obrázek 9 - Vnitřní soustružnické nože ¹²

1 – vnitřní ubírací, 2 – vnitřní rohový, 3 – vnitřní kopírovací, 4 – vnitřní ubírací, 5 – vnitřní ubírací, 6 – vnitřní rohový

3.1 Geometrie nástrojového držáku

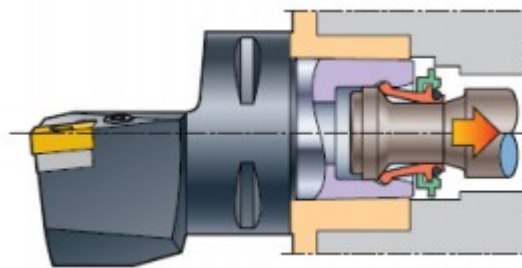
Geometrie těla nástrojového držáku je dána úhlem nastavení, průřezem a délkou držáku. Úhel nastavení se pohybuje v rozmezí $0^\circ - 135^\circ$. Upínací část může mít různé rozměry s čtvercovým, obdélníkovým, nebo kruhovým průřezem. V některých případech se využívá zvětšení průřezu v oblasti hlavy nástroje pro zvýšení jeho tuhosti. U nožů s vnitřním přívodem chladicí kapaliny bývá dán její maximální tlak. Trvanlivost destičky, kvalitu řezu a obrobeného povrchu je udává zejména geometrií destičky.

3.2 Upínací systémy nástrojových držáků

Různé technologie obrábění mají různé nároky na upnutí nástrojů, nebo jiného příslušenství. Ty se odvíjejí od složitosti použitých nástrojů a od toho zda hlavní řezný pohyb vykonává obrobek nebo nástroj. Upínačů je velké množství a rozdělují se do několika skupin. Základní rozdělení rozlišuje, druh použité technologie obrábění, dále zda jsou upínací prvky pro univerzální, nebo NC stroje a charakter upnutí. Tzn., jestli jde o upnutí mechanické, pneumatické, nebo o tepelné. ¹⁴

3.2.1 CAPTO

Systém tepelného upínání CAPTO od firmy Sandvik je velmi univerzální a lze ho použít u všech typů obráběcích strojů a pro všechny typy nástrojů. Systém využívá přesně broušený nekruhový kužel tzv. K-profil jako centrážní prvek. Jeho výhodou je schopnost přenosu krouticího momentu a úhlové orientace. Pro zatažení kužele do dutiny se využívá automatického hydraulického mechanismu, nebo šroubu ovládaného ze zadu popřípadě z boku. Nevýhodou tohoto systému jsou vysoké nároky na čistotu spojení a náročnost výroby kuželové dutiny a stopky. ¹⁴



Obrázek 10 - Upínání kužele CAPTO ¹⁴

3.2.2 OvalFlex

Systém upínání OvalFlex společnosti Ceratizit je modulární systém určený pro obrábění celého hliníkového kola. Zúžený oválný tvar upínací části zvyšuje stabilitu a výkonnost v porovnání s klasickým systémem upínání kruhových nástrojů. V tomto případě lze tedy pro obrábění hliníkových kol použít vysoké řezné parametry. Tento systém se využívá s radiálním i axiálním upnutím. Výměna nástroje u radiálního upnutí trvá přibližně 8 sec. Pro tento systém jsou určeny celkem 3 nože v několika variantách. ¹⁵



Obrázek 11 - Upínací systém OvalFlex Radial¹⁵

3.2.3 Monoblock – VDI

Jde o systém upínání nožových držáku do revolverové hlavy. Určený je pro upínání klasických nástrojů o kruhovém, čtvercovém, nebo obdélníkovém průřezu. Upínání funguje na jednoduchém principu, kdy je z horní strany nástroj přitlačován dvěma a více šrouby, čímž se nástroj ustaví v dané poloze.



Obrázek 12 - Upínací systém monoblock – VDI ¹⁶

3.2.4 Hydraulické upínání

Hydraulický systém upínání je velmi univerzální. Vyniká vysokou přesností a dobrou schopností útlumu vzniklých vibrací. Vzniklé vibrace při obrábění jsou utlumeny hydraulickou kapalinou uvnitř upínače. Tento systém lze kromě upínání nástrojů použít také pro upínání obrobků. Jeden z hlavních výrobců hydraulických upínačů je firma Schunk se systémem Tendo.³⁸

Upínání funguje na principu zvýšení tlaku hydraulického média pomocí upínacího šroubu. Drážky uvnitř upínacího pouzdra slouží k zachycení nečistot, které by jinak mohli ovlivnit přesnost upnutí. Obecně pro všechny hydraulické upínače platí omezení provozní teploty na 50 °C.³⁸



Obrázek 13 – Hydraulický upínač Schunk Tendo³⁸

3.2.5 Tepelné upínání

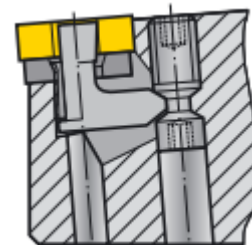
Tento systém funguje na principu tepelné roztažnosti. Dutina držáku nástroje se ohřívá na teplotu 250 – 350 °C a po vložení nástrojového držáku se to zchladí tak aby došlo k upnutí nástroje. Pro tento účel se využívá indukčních cívek, které se ohřívají při průchodu proudu. Upínač je vybavený chladicím systémem, který zkracuje dobu chladnutí z několika minut na přípustnou dobu. Doba chladnutí závisí na typu použitého systému, ale pohybuje se v rozmezí 20 sekund až 2 minut. Tyto systémy jsou buď vzduchové, nebo na bázi vody.¹³

Mezi hlavní výhody patří zejména rychlost a tuhost upnutí nástroje. Dále také schopnost přenos nejvyšších otáček vřetene a velkých krouticích momentů.¹³

3.3 Upínací systémy vyměnitelných břitových destiček

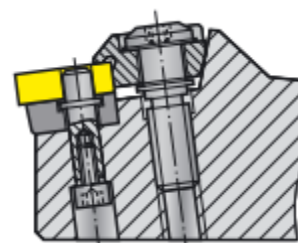
Systémy upínání VBD se liší podle typu použité destičky a druhu operace pro kterou je určená. Rozdělují se do šesti skupin.

ISO P – upnutí je realizováno úhlovou pákou, která dotlačí destičku do lůžka držáku. Tento systém zajišťuje přesně a spolehlivé upnutí. Nejčastěji se využívá pro vnější soustružení a to jak pro hrubování tak i dokončování. Lze ho použít i pro vnitřní soustružení větších průměrů.¹⁷



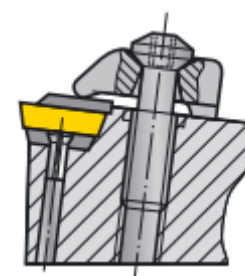
Obrázek 14 – ISO P¹⁷

ISO M – v tomto případě je destička nasazena na pevný čep a shora dotlačována upínkou. Upínají se tím stejné VBD jako u skupiny ISO P a využívá se toho výhradně pro vnější soustružení.¹⁷



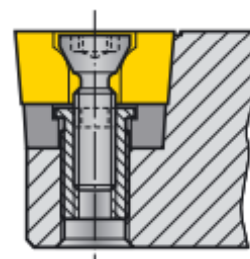
Obrázek 15 – ISO M¹⁷

ISO C - tento systém je určen k upnutí negativních i pozitivních destiček bez otvoru. Destička je v lůžku nožového držáku fixována pomocí upínky dotahované šroubem. Systému ISO C se využívá pro obrábění vnitřních i vnějších ploch, ale v současnosti je při vnitřním soustružení nahrazován systémem ISO S.¹⁷



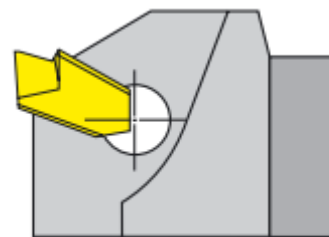
Obrázek 16 – ISO C¹⁷

ISO S – systém využíváný pro upnutí destiček určených pro vnější i vnitřní soustružení. Speciální šroub, který prochází kuželovým otvorem destičky, ji fixuje v lůžku nožového držáku. Výhoda tohoto způsobu je, že nevzniká žádná překážka pro odchod třísky.¹⁷



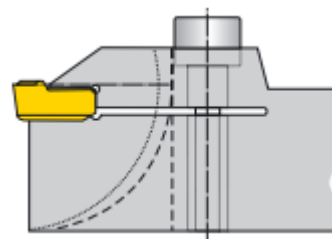
Obrázek 17 – ISO S¹⁷

ISO X – tento systém upnutí je určen pro upichovací a zapichovací nástroje. Jde o speciální systém upnutí, kde je upnutí destičky realizováno řeznou silou do samosvorného lůžka.¹⁷



Obrázek 18 – ISO X¹⁷

ISO G – tímto způsobem se upínají destičky pro kopírovací soustružení a soustružení zápichů. Destičku do lůžka shora dotlačuje upínka.¹⁷



Obrázek 19 – ISO G¹⁷

3.4 Konstrukční materiály nástrojového držáku

Nejčastěji používaným materiálem pro výrobu těl nožů jsou konstrukční oceli třídy 15, např. 15 260. Jde o legované oceli kombinací chromu s vanadem, molybdenem, nebo wolframem. Zmíněná ocel obsahuje 0,4% C, 2% Cr, 0,15% V. Pro zvýšení mechanické pevnosti se nástroje kalí a následně popouští. U nožů pro vnitřní soustružení malého průřezu a větší délkou se využívají stopky ze slinutého karbidu s připájenou ocelovou hlavou, z důvodu, že slinutý karbid velmi dobře tlumí chvění.^{5, 18}

3.5 Povrchové úpravy nástrojového držáku

Jako povrchová úprava se provádí černění, nebo niklování. Obě tyto povrchové úpravy mají za úkol zvýšit korozní odolnost nástroje.

3.5.1 Černění

Černění neboli brynýrování je chemická úprava povrchu pro zlepšení korozní odolnosti. Postup vytváření povrchu spočívá v ponoření nástroje do roztoku hydroxidu a oxidujících solí čímž na povrchu vzniká tenká oxidační vrstva tmavé až černé barvy. Tato vrstva je tenká okolo 1 μm.¹⁹

3.5.2 Niklování

Niklování se tak jako černění používá pro zvýšení korozní odolnosti nástroje. Na povrch se nanáší vrstva galvanického, nebo chemického niklu.

3.5.2.1 Chemické niklování

Podstata chemického niklování spočívá v katalytické redukci niklu z roztoku obsahujícího ionty Ni. První jednoatomová vrstva niklu vzniká za podmínky velmi pomalé redukce niklových iontů fosforanu. Nevýhoda bezproudového niklování je vysoká teplota nanášení a nízká životnost elektrolytu. Omezená životnost elektrolytu z toho, že místo el. vnějšího zdroje proudu, který je hnací silou galvanických procesů, je využíváno k redukci chemické substance.²⁰

3.5.2.2 Galvanické niklování

Galvanické niklování se používá pro vytvoření povrchové ochranné vrstvy na mědi, zinku, nebo oceli. Tloušťka této ochranné vrstvy se u oceli pohybuje v rozmezí 8 - 45 μm . Pro vytváření povlaku se využívá několika druhů elektrolytů. Nejčastěji se využívá síranových lázní. V těchto lázních je kov v podobě síranu nikelnatého a pracují při teplotě 50 – 70 °C. Vylučovány jsou matné jemnozrnné povlaky s malým vnitřním pnutím. Pro získání lesklého povlaku lze přidat leskutvorné přísady.²⁰

3.6 Řezné materiály pro hliníkové slitiny

V současné době se nástroje pro strojní obrábění vyrábí z nejrůznějších materiálů, počínaje nástrojovými ocelmi, přes slinuté karbidy, cermety, řeznou keramiku až po supertvrdé řezné materiály. Základní podmínkou, kterou musí nástrojový materiál splnit je, že bude mít vyšší tvrdost než obráběný materiál, aby mohl řezný klín odřezávat třísku. K odebrání třísky je potřeba, aby měl břit dostatečnou houževnatost a zároveň vysokou tvrdost v oblasti ostří. Pro obrábění hliníkových slitin se většinou využívá polykrystalického diamantu a slinutých karbidů.^{21, 22}

3.6.1 Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou vyráběny pomocí práškové metalurgie. Tvořeny jsou jemnými částicemi tvrdých karbidů kovů, např. W, Ti a Ta. Jako pojivo se zpravidla používá kobalt. Slinuté karbidy mají mnohem vyšší tvrdost než rychlořezné oceli, kterou si zachovávají i za vyšších teplot. Nepoovlakované SK se dle použití dělí do třech základních skupin P, K, M.^{22, 23}

Skupina P (označené modrou barvou) – Tato skupina je určena pro obrábění materiálů tvořící dlouhou třísku. Jde například o uhlíkové oceli, feritické korozivzdorné oceli a slitinové oceli. Vhodné jsou pro obrábění těchto materiálů z důvodu vyšší tvrdosti díky obsahu TiC.^{22, 23}

Skupina K (označené červenou barvou) – Tato skupina je určena pro obrábění materiálů vytvářející krátkou, drobnou třísku. Především jde o litiny, nekovové materiály a neželezné slitiny. Jedinou tvrdou složku struktury těchto SK tvoří karbid wolframu, který s rostoucí teplotou ztrácí svoji tvrdost mnohem rychleji než TiC.^{22, 23}

Skupina M (označené žlutou barvou) - Tato skupina má univerzální použití pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku. To jsou zejména lité oceli, tvárné litiny a austenitické korozivzdorné oceli.^{22, 23}

Další samostatnou skupinou jsou povlakované slinuté karbidy. Kdy se na běžný slinutý karbid nanese tenká vrstva materiálu, který má velmi vysokou tvrdost a vynikající odolnost proti opotřebení. Těchto vlastností se dosahuje zejména tím, že povlakovaný materiál neobsahuje žádné pojivo, má méně defektů ve struktuře a mnohem menší zrnitost.^{22, 23}

3.6.2 Polykrystalický diamant

Diamant je nejtvrdší přírodní látka na zemi. Dále mezi jeho vlastnosti patří vysoký index lomu, nízká kreativita a nejlepší tepelná vodivost jakou známe. Teplota tavení diamantu se pohybuje okolo 4000°C. Diamanty se rozdělují na dva druhy, a to podle původu na přírodní a syntetické. Z důvodu nízké teplotní stálosti diamantu, se nesmí používat pro obrábění materiálů na bázi železa (litina, ocel), kde by při teplotě nad 800°C docházelo k difuzi mezi nástrojem a materiálem obrobku a tím k rychlému opotřebení.^{22, 23}

Polykrystalický diamant se běžně vyrábí dvěma způsoby. A to buď vysokoteplotní vysokotlakovou metodou (HPHT – High Pressure High Temperature), nebo metodou chemického napařování (CVD – Chemical Vapour Deposition).^{22, 23}

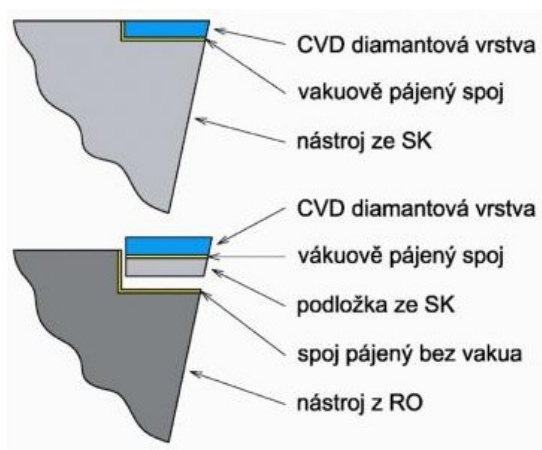
HPHT – Výroba spočívá v přeměně z hexagonální mřížky grafitu, jehož čistota je až 99,9% na kubickou mřížku diamantu, za přítomnosti kovových i nekovových katalyzátorů při tlaku 55000 atm a teplotě cca 1500°C.^{22, 24}

CVD – Tento způsob syntetizace je založen na fyzikálně-chemické reakci. Hlavní složkou je plyn, který se skládá z metanu stabilizovaného vodíkem. Proces spočívá v zahřátí plynu pomocí mikrovln na teplotu cca 2000°C, kdy z něj vzniká plazma. Následně se za nízkého tlaku na nosné vrstvě vytváří diamantová struktura. Takto „vypěstovaný“ diamant vzniká rychlostí 5 – 15 $\mu\text{m.h}^{-1}$.²²

CVD diamanty se rozlišují podle tloušťky na dva základní typy.

- Diamantové povlaky, kdy je jejich tloušťka menší než 30 μ m,
- Diamantové vrstvy, kdy tloušťka dosahuje až 0,5 mm a lze vyrobit tlustou vrstvu až 1mm.

Diamantové povlaky se nanášejí přímo na naostřený nástroj. Tento postup umožňuje povlakovat i velmi složité tvary. Diamantová vrstva se laserem rozřeže na malé části a poté se pájí na držák nástroje.²⁵



Obrázek 20 – Způsoby připevnění CVD diamantové vrstvy k nástroji²⁵

Diamantové, nebo diamantem povlakované nástroje mají 10 – 100x delší životnost ve srovnání s klasickými nástroji z SK. Další nespornou výhodou je možnost vybrousit je na velmi jemnou hranu, což je potřebné pro mikroobrábění a pro velmi přesné technologie.

²⁶

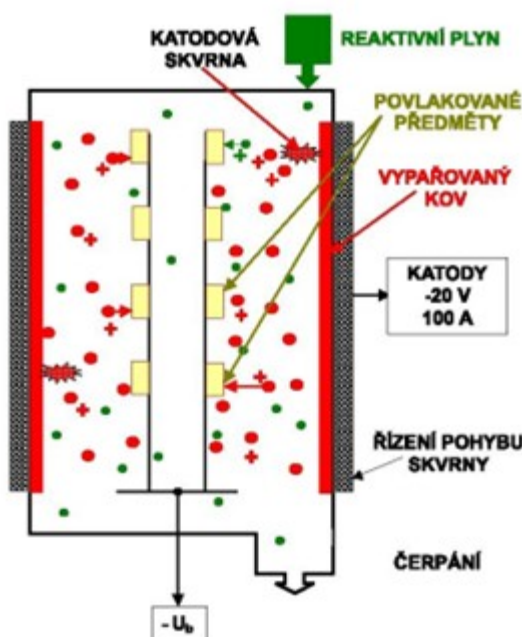
3.7 Povrchové úpravy nástrojů

3.7.1 Povlakování

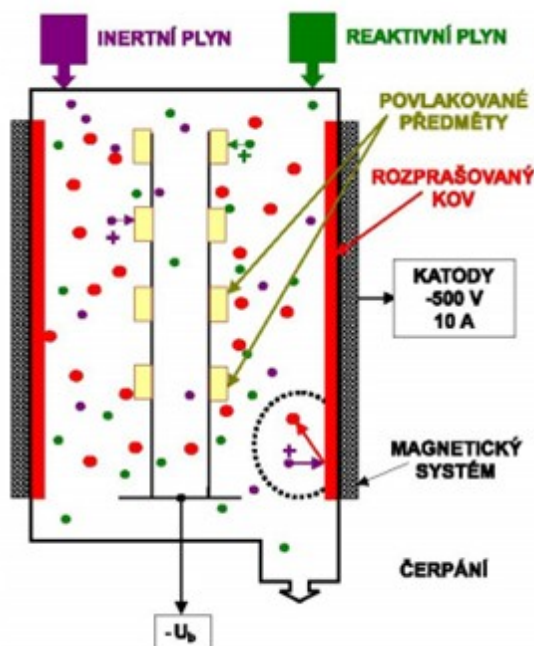
Při povlakování probíhá nanášení termomechanicky stabilního povlaku v tenké vrstvě na pevný karbidový podklad. Povlak ve formě tenké vrstvy vyniká vysokou tvrdostí a velmi dobrou odolností proti opotřebení. Tyto vlastnosti vychází převážně z toho, že povlak neobsahuje žádné pojivo a má o několik řádů jemnější strukturu a méně defektů. Dále snižují adhezi třísek na čele nástroje, čímž zamezují vzniku nárůstků a vytváří bariéru proti difuznímu opotřebení nástroje. Základní metody nanášení povlaků jsou PVD, CVD a MTCVD.^{22, 27}

3.7.1.1 Metoda PVD

Při PVD metodě jde o fyzikální napařování, které probíhá při nízkých pracovních teplotách a za sníženého tlaku. Princip metody spočívá v kondenzaci částic uvolněných ze zdroje částic tzv. terčů. Tato metoda je využívána hlavně pro povlakování nástrojů z rychlořezných ocelí, díky nízké pracovní teplotě tak nedochází k tepelnému ovlivnění materiálu. Postupem času se metoda významně rozšířila také v oblasti SK. Povlak se vytváří naprašováním, napařováním, nebo iontovým plátováním.^{22, 27}



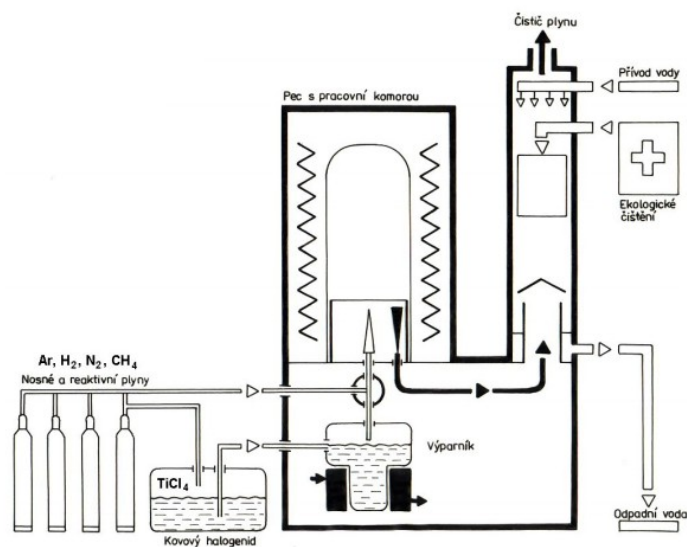
Obrázek 22 – Napařování²³



Obrázek 21 – Naprašování²³

3.7.1.2 Metoda CVD

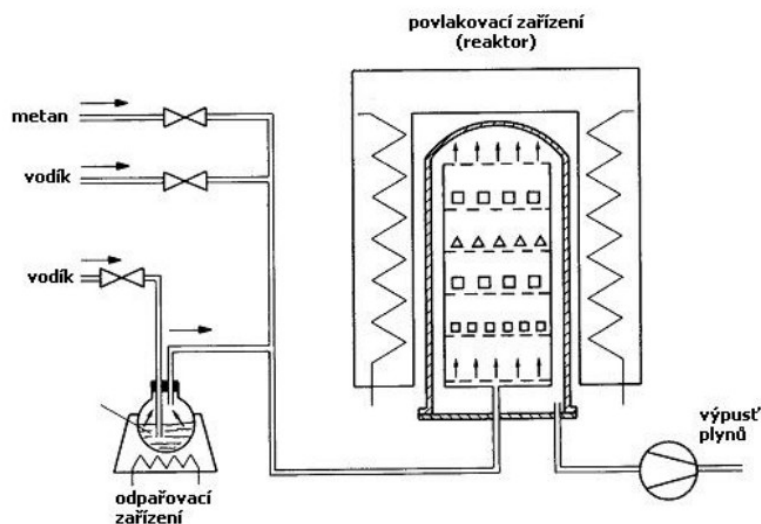
Tento způsob povlakování probíhá za vysokých teplot chemickým napařováním z plynné fáze. Mezi výhody CVD povlakování patří především vysoká hustota povlaku, výborná adheze k podkladovému materiálu. Nevýhodou jsou vysoké pracovní teploty, které nepříznivě ovlivňují povlakovaný předmět. Z toho důvodu se tato metoda využívá zejména pro povlakování slinutých karbidů.^{22, 27}



Obrázek 23 - Princip CVD povlakování ²³

3.7.1.3 Metoda MTCVD

Oproti metodě CVD je teplota nanášení výrazně nižší a rychlost růstu vrstvy je zhruba třikrát vyšší. Hlavní výhodou této technologie je, že nedochází k poklesu houževnatosti povlakované části a zvyšuje se odolnost proti mechanickým rázům. Díky tomu jsou nástroje povlakované touto metodou vhodné pro použití při vyšších posuvových rychlostech a také lze povlakovat břitové destičky s větším kladným úhlem čela bez rizika vylamování ostří při použití při použití u přerušovaného řezu. ^{13, 27}



Obrázek 24 - Povlakování metodou MTCVD ²⁷

3.7.1.4 Metoda PACVD

Povlakování probíhá při teplotě 450-530 °C na povrchu substrátu. Touto metodou lze bez problému povlakovat i dutiny. Mezi hlavní výhody tohoto způsobu povlakování patří.³⁷

- Umožnění nitridace a povlakování v jednom procesu.
- Několikanásobné zvýšení životnosti nástroje.
- Není potřeba vysoké vakuum.
- Možnost povlakování rozměrných a velmi složitých kusů.

Zařízení využívané pro povlakování PACVD metodou umožňuje kromě samotného povlakování také iontové čištění povrchů a nitridaci.³⁷

Iontové čištění povrchu – kladně nabitě ionty procesního plynu dopadají na povrch substrátů a díky předání vysoké kinetické energie dochází k vyražení atomů nečistot z povrchu.³⁷

Plazmová nitridace – využívá se pro zlepšení přilnavosti základního materiálu a povlaku.

Praktické využití PACVD vrstev

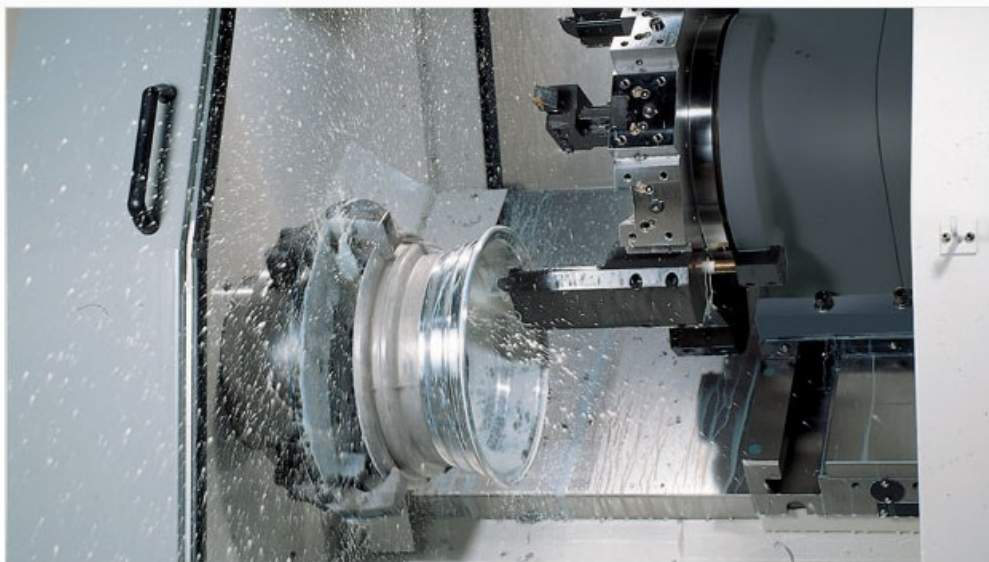
Tento typ povlaků je vhodný pro přesné kalibrovací nástroje. Dále se také využívá například pro lisovací a tvářecí nástroje určené pro objemové tváření za studena, průtlačnice, nebo razidla. V neposlední řadě se takto povlakuji i obráběcí nástroje, kdy při nanesení na závitníky, frézy, vrtáky, nebo soustružnické nože došlo až k 5 násobnému zvýšení životnosti ve srovnání s nástroji bez povlaku. Povlak zamezuje vzniku nárůstků na ostří a umožňuje zvýšení řezných rychlostí. Speciální vrstvy se využívají také pro použití u forem pro tlakové lití.³⁷

3.7.2 Leštění

Leštění je často využívaná metoda povrchové úpravy obráběcích nástrojů pro obrábění hliníku, jeho slitin a dalších neželezných kovů. Tato metoda se využívá zejména pro snížení drsnosti povrchu nástroje, z čeho vyplývají další výhody jako například snížení koeficientu tření, zlepšení odvodu třísek, takže nedochází ke tvorbě nárůstků. Pro leštění se používají diamantové pasty. Tyto pasty se skládají z pojiva, které má mazací a chladicí účinek a diamantového prášku.^{21, 28}

3.8 Obrábění automobilových kol ze slitin hliníku

Hliníková kola vyráběná kováním, nebo litím se dále obrábí na automatických obráběcích centrech například PUMA AW560 II od firmy DOOSMAN. Tato centra nabízí pracovní prostor pro zpracování širokého sortimentu hliníkových kol. Vzdálenost mezi přední částí stroje a vřetenem je minimalizována pro pohodlí obsluhy. Centrum může být integrováno s různými automatizačními systémy.²⁹



Obrázek 25 - Obráběcí centrum PUMA AW560 II²⁹

Hliníkové slitiny je doporučeno obrábět vysokými rychlostmi při nízkém posuvu. Velikost řezné rychlosti se odvíjí od materiálu obráběcího nástroje, typu obráběného materiálu. U nepovlakovaných vyměnitelných břitových destiček od společnosti Sandvik se řezná rychlost pohybuje mezi 250 – 2500 m/min ve srovnání s řeznými rychlostmi obrábění ocelí (225 – 370 m/min).²⁹

Při obrábění nástrojem s PKD dosahují řezné rychlosti až 8 000 m/min. Optimální rychlost se pohybuje okolo 2 000 m/min, jelikož při vyšších rychlostech prudce klesá životnost nástroje.³

3.9 Operace při soustružení



Obrázek 26 – Vnější soustružení ³¹



Obrázek 27 – Vnitřní soustružení ³¹



Obrázek 29 – Kopírování ³¹



Obrázek 28 – Podpichování ³¹



Obrázek 31 – Vystružování ³¹



Obrázek 30 – Čelní soustružení ³¹



Obrázek 32 – Vrtání ³¹

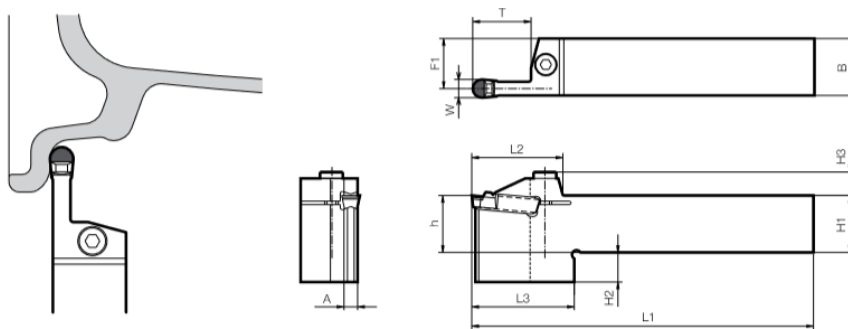
3.10 Výběr ze sortimentu výrobců

3.10.1 Kyocera Precision Tools, Inc.

Společnost Kyocera Precision Tools Inc. má ve svém sortimentu pouze jeden nástrojový držák určený pro obrábění automobilových hliníkových disků. Nabízí ho pod označením KGMW 2525M-6 v pravé i levé variantě. Určeny jsou výhradně pro použití s destičkou pod označením GMGW osazenou polykrystalickým diamantem.

Tabulka 4 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Kyocera ³²

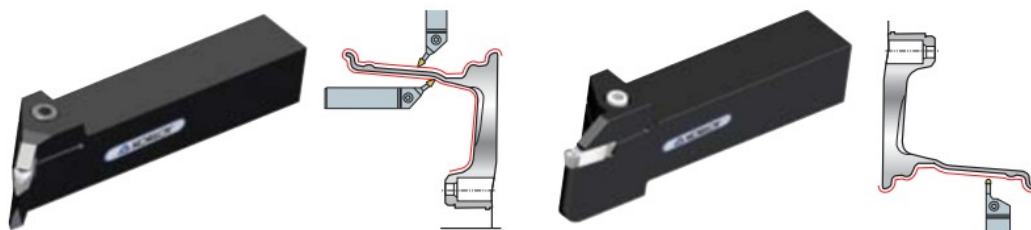
Vnější soustružení				
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Délka vyložení T [mm]	Upínací systém
KGMW	25x25	150	25	Mon. Block - VDI



Obrázek 33 – Nástrojový držák KGMW pro vnější soustružení ³²

3.10.2 Korloy

V nabídce Jihokorejské společnosti Korloy se nachází celkem 5 typů nástrojových držáků pro obrábění hliníkových disků. Tři z nich jsou určeny pro vnější soustružení a dva pro vnitřní. Všechny nože pro vnější soustružení jsou zvětšením průřezu v oblasti hlavy nástroje zpevněné pro zvýšení tuhosti nástroje.



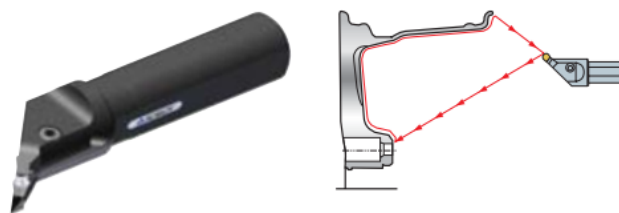
Obrázek 34 – Nástrojový držák MGEXR/L a MGEHR/L ³³

Tabulka 5 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Korloy ³³

Vnější soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Délka vyložení T[mm]	Zaoblení [mm]	Upínací systém
MGEHR/L	25x25	150	23,5	6	Mon. Block – VDI
	32x32	150	27	12	
MGEXR/L	25x25	150	20	23,5	Mon. Block - VDI
	32x32	150	25	27	
MGEHR/L- 15	25x25	150	20	6	Mon. Block – VDI
	32x32	150	25	12	

Tabulka 6 – Sortiment nástrojových držáků pro vnitřní soustružení společnosti Kyocera ³³

Vnitřní obrábění				
Název	průřez	Celková délka L1 [mm]	Délka vyložení T [mm]	upínací systém
MGIUR/L-MR	ø68	170	8	Mon. Block - VDI
MGIXR/L-MR	ø70	350	7,7	Mon. Block - VDI



Obrázek 35 – Nástrojový držák pro vnitřní soustružení MGIUR/L ³³

3.10.3 Iscar

Společnost ISCAR je největší společností ze skupiny IMC (International Metalworking Companies) a zabývá se kompletní výrobou karbidových obráběcích nástrojů. Nabízí rozsáhlý sortiment zapichovacích nožů pro vnější i vnitřní soustružení. Pro vnější soustružení nabízí 6 různých nožů z toho 2 s vnitřním přívodem chladicí kapaliny. Pro vnitřní soustružení má v sortimentu celkem 10 nožů.

Tabulka 7 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Iscar ³⁴

Vnější soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
FGHR/L	25x25	150	25	Mon. Block - VDI	✓
FSHDR	25x25	150	25,5	Mon. Block - VDI	-
FGHDUR	25x25	150	22,3	Mon. Block – VDI	✓
GHDR/L	25x25	150	25	Mon. Block – VDI	-
	32x32	170	25	Mon. Block - VDI	-
GHVR/L	25x25	150	-		
GHDKL	25x25	150	19	Mon. Block - VDI	-
	32x32	170	19		

Tabulka 8 – Sortiment nástrojových držáků pro vnitřní soustružení společnosti Iscar³⁴

Vnitřní soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
GHIUR/L-UC	ø40	350	0	Mon. Block - VDI	✓
	ø50	350	0		
GHIUR/L-C-A (15°&27°)	ø40	320	0,6	Mon. Block - VDI	✓
	ø50	350	1,8		
GHIUR/L-C-22,5A-8V	ø40	320	28,5	Mon. Block – VDI	✓
FGHIUR-C-15A-8	ø40	320	-	Mon. Block – VDI	✓
FSHIUR	ø40	320	3	Mon. Block – VDI	✓
FGHIFR	ø40	300	70	Mon. Block – VDI	✓
GHIFR/L-A	ø40	320	70	Mon. Block - VDI	✓
CF5 A-SVXCR-16X2	ø32	100	-	CLICKFIT	✓
CF5 A-SVXCR-22	ø32	100	-	CLICKFIT	✓
CF5 FGIFR-8A	ø32	100	60	CLICKFIT	✓



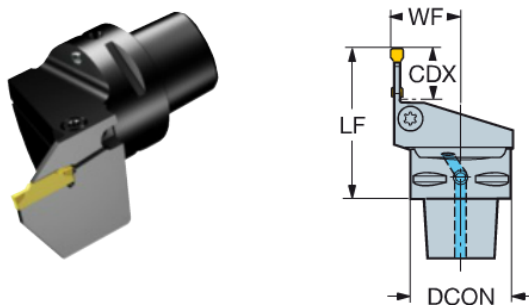
Obrázek 36 – Nástrojový držák CF5 A-SVXCR-22 s upínacím systémem CLICKFIT³⁴

3.10.4 Sandvik Coromant

Tato společnost nemá ve svém sortimentu přímo vyhrazené nože pro obrábění hliníkových disků. Tím pádem byl výběr vytvořen na základě podobnosti a funkčnosti s ostatními výrobci. Všechny nože spadají do série CoroCut[®] 1-2. Celkem jde o dva nože určené pro vnitřní zapichování a tři pro vnější. Všechny vybrané nástroje využívají upínání destičky pomocí šroubu. Řezné jednotky označované jako Cx-R/LF jsou určeny pro upínací systém Coromant Capto[®].

Tabulka 9 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Sandvik Coromant³⁵

Vnější soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
RLF123...B	25x25	150	32	Mon. Block – VDI	-
	32x25	170	32		
	32x32	170	32		
	40x40	250	50		
NF123...B	40x40	250	32	Mon. Block – VDI	-
C - NF123...B	ø32	60	20	Coromant Capto	✓
	ø40	70	25		
	ø50	77	25		
	ø60	82	25		
C – R/LF123...B	ø32	50	13	Coromant Capto	✓
	ø40	55	13		
	ø50	60	15		
	ø60	65	16		
	ø80	80	25		



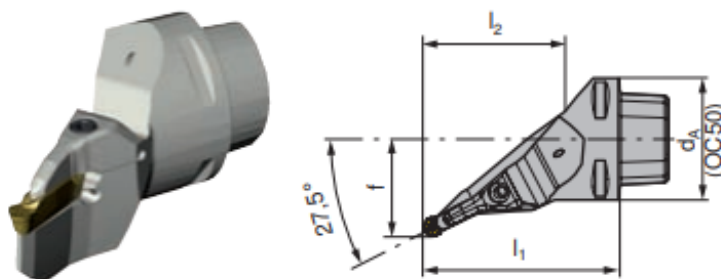
Obrázek 37 – Nástrojový držák C – R/LF123...B s upínacím systémem Coromant Capto³⁵

Tabulka 10 – Sortiment nástrojových držáků pro vnitřní soustružení společnosti Sandvik Coromant ³⁵

Vnitřní soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
R/LAG123...B	ø32	250	9,5	Mon. Block – VDI	✓
	ø40	300	11		
	ø50	350	13		
R/LAG123...B	ø16	150	4,5	EasyFix	✓
	ø20	180	6		
	ø25	200	8		

3.10.5 Ceratizit

Ceratizit se po více než 95 let zabývá vývojem a produkcí řezných materiálů. Ve své nabídce má celkem 13 nožů určených pro zapichování u hliníkových disků. Většinu sortimentu tvoří série nástrojů OvalFlex určených pro vnější i vnitřní soustružení. Vnitřní přívod chladicí kapaliny se nachází pouze u nástrojů pro vnitřní soustružení MSS-Mono. Nože ze série X32 mají zvětšený průřez hlavy pro zvýšení tuhosti nástroje.



Obrázek 38 – Nástrojový držák OvalFlex 27,5°. ³¹

Tabulka 11 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Ceratizit ³¹

Vnější soustružení				
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém
OvalFlex 0°	ø50	70	-	OvalFlex
OvalFlex 22,5°	ø50	70	-	OvalFlex
OvalFlex 27,5°	ø50	80	-	OvalFlex
X32 0° neutral	25x25	150	24	Mon. Block – VDI
	32x25	170	24	
X32 - 0°	25x25	150	24	Mon. Block – VDI
	32x25	170	24	
X32 - 22,5°	25x25	150	-	Mon. Block – VDI
	32x25	170	-	
E25...GX24...	25x25	150	24	Mon. Block – VDI
	32x32	170	24	

Tabulka 12 – Sortiment nástrojových držáků pro vnitřní soustružení společnosti Ceratizit ³¹

Vnitřní soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
OvalFlex 5°	ø50	100	-	OvalFlex	-
OvalFlex 15°	ø50	100	-	OvalFlex	-
OvalFlex 22,5°	ø50	70	-	OvalFlex	-
OvalFlex 27,5°	ø50	80	-	OvalFlex	-
OvalFlex 45°	ø50	70	-	OvalFlex	-
OvalFlex 67,5°	ø50	50	-	OvalFlex	-
OvalFlex 80°	ø50	70	-	OvalFlex	-
E25...GX24...	25x25	150	24	Mon. Block – VDI	-
	32x32	170	24		
MSS – 15°	ø40	230	-	Mon. Block – VDI	✓
MSS – 27°	ø40	230	-	Mon. Block – VDI	✓

3.10.6 Kennametal

Kennametal nenabízí žádné nože určené speciálně pro obrábění hliníkových disků. Z jejich celkového sortimentu byly vybrány pouze dva nože, které mají podobné parametry a funkční vlastnosti jako u ostatních výrobců. Vnitřní přívod chladicí kapaliny má pouze nůž pro vnitřní obrábění.

Tabulka 13 – Sortiment nástrojových držáků pro vnější soustružení společnosti Kennametal ³⁶

Vnější soustružení				
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém
Integral Straight	20x20	125	22	Mon. Block – VDI
	25x25	150	26	
	32x32	170	32	
	40x40	200	40	

Tabulka 14 – Sortiment nástrojových držáků pro vnitřní soustružení společnosti Kennametal ³⁶

Vnitřní soustružení					
Název	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
Steel Boring Bar	ø12	125	5	Mon. Block – VDI	✓
	ø16	150	7		
	ø20	180	7		
	ø25	200	10		
	ø32	250	12		

4. Diskuse experimentů

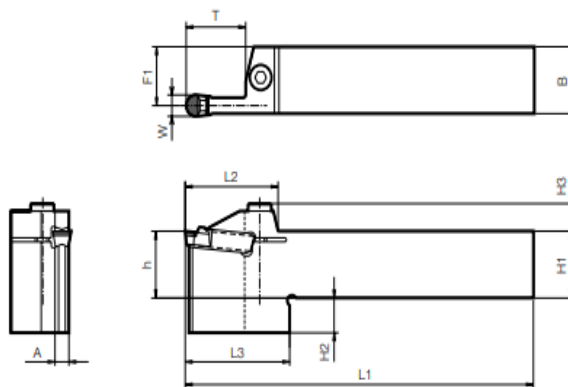
Naprostá většina zapichovacích / upichovacích nožů od zmíněných výrobců využívá zvětšeného průřezu hlavy nástroje z důvodu zvýšení tuhosti. Vnitřní přívod chladicí kapaliny má u klasických nožů pro vnější soustružení pouze společnost Iscar. U systémů OvalFlex, nebo Capto je vnitřní přívod samozřejmostí.

4.1 Sortiment pro vnější soustružení

Tabulka 15 – Přehled sortimentu nástrojových držáků pro vnější soustružení

Sortiment pro vnější soustružení					
	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
Varianta č. 1	25x25	150	27	Mon. Block - VDI	✓
	32x32	170			
Výskyt	100%	100%	100%	100%	16,67%
Varianta č. 2	25x25	150	22	Mon. Block - VDI	-
	32x32	170			
Výskyt	50%				
Varianta č. 3	ø50	70	-	OvalFlex	✓
Výskyt	16,67%				

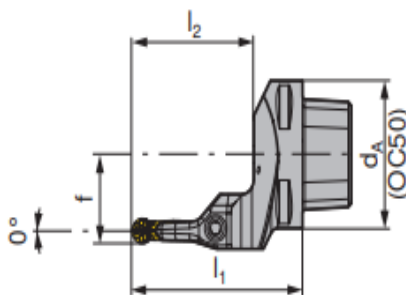
Varianta č. 1 je klasický zapichovací / upichovací nůž s čtvercovým průřezem o rozměrech 25x25 nebo 32x32mm. Celková délka nástroje je v závislosti na průřezu 150, nebo 170mm. Délka vyložení se liší dle výrobce, ale maximální vyložení napříč všemi je 27mm. Upínání nástroje probíhá pomocí systému upínání Monoblock – VDI. Ze všech výrobců vnitřní přívod chladicí kapaliny nabízí pouze společnost ISCAR.



Obrázek 39 – Varianta č. 1 ³²

U varianty č. 2 jde o podpichovací nůž, který je nabízen v podobných variantách nabízen pouze společnostmi Korloy, Iscar a Ceratizit. Korloy a Iscar mají ve své nabídce nůž po úhlem 15° a Ceratizit 22,5°.

Jako varianta č. 3 byl zvolen nástroj, který je v nabídce pouze od společnosti Ceratizit. Jde o sérii speciálních nástrojů určených pro obrábění celého hliníkového kola. Určený je speciálně pro upínací systém OvalFlex



Obrázek 40 - Varianta č. 3 ³¹

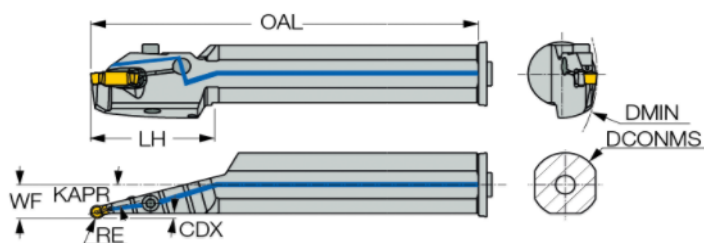
4.2 Sortiment pro vnitřní soustružení

Všechny varianty mají systém upínání monoblock – VDI. Průřez nástroje se pohybuje od 12 do 70mm. Maximální délka vyložení závisí na typu nástrojového držáku. Vnitřní přívod chladicí kapaliny se nachází pouze u varianty číslo 1.

Tabulka 16 – Přehled sortimentu nástrojových držáku pro vnitřní soustružení

Sortiment pro vnitřní soustružení					
	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
Varianta č. 1	ø40 ø50	300	70	Mon. Block - VDI	✓
Výskyt	33,33%				
Varianta č. 2	ø68 ø70	170 350	-	Mon. Block - VDI	-
Výskyt	16,66%				

Sortiment pro vnitřní soustružení					
	Průřez	Celková délka L1 [mm]	Max. délka vyložení T [mm]	Upínací systém	Chlazení
Varianta č. 3	ø12	125	12	Mon. Block - VDI	-
	ø16	150			
	ø20	180			
	ø25	200			
	ø32	250			
Výskyt	33,33%				



Obrázek 41 - Varianta č. 1³⁴

5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Nejčastěji nabízený nástrojový držák pro vnější soustružení je běžný nástroj o čtvercovém průřezu 25x25 a 32x32mm s délkou vyložení v rozmezí 20 – 27mm, který mají ve svém sortimentu všichni zmiňovaní výrobci. V oblasti upínací části mají všechny tyto nože zvětšený průřez pro zvýšení tuhosti. Pro vnitřní soustružení jsou nejčastěji nabízené nástrojové držáky s $\varnothing 40$ a $\varnothing 50$ mm s maximální délkou vyložení 70mm. V obou případech se vyměnitelná břitová destička upíná pomocí ISO G a upínací systém celého nástrojového držáku se provádí pomocí systému monoblock – VDI. Dále se často objevují nástrojové držáky se specifickými typy upínání jako například OvalFlex společnosti Ceratizit a Coromant Capto od firmy Sandvik Coromant.

Závěr

Bakalářská práce se zabývá výběrem upichovacích nožů pro lehké slitiny, zejména se zaměřuje na sortiment nástrojových držáků, určených pro obrábění automobilových kol ze slitin hliníku. V teoretické části jsou rozebrány nejpoužívanější slitiny hliníku a obecná obrobitelnost. Následující část se již zabývá nástrojovými držáky, jejich materiálem a povlaky. Dále jednotlivými typy, upínacím systémem a upínacím systémem vyměnitelných břitových destiček. V závěru teoretické části jsou rozebrány nástrojové materiály a povlaky, které se využívají pro obrábění hliníkových slitin.

Cílem praktické části bylo vytvoření sortimentu upichovacích nástrojových držáků předních světových výrobců určených pro obrábění hliníkových kol. Celkem šlo o 6 společností a to Ceratizit, Iscar, Sandvik coromant, Korloy, Kyocera a Kennametal. Pouze Sandvik Coromant a Kennametal neměli určený sortiment speciálně pro tuto operaci. Nástrojové držáky od dvou výše zmíněných výrobců byly vybrány na základě podobných parametrů. Hlavním parametrem je možnost upnutí stejného typu vyměnitelné břitové destičky. Dále podle průřezu, systému upínání a délce vyložení. Celkem bylo vybráno 45 nástrojových držáků pro vnější i vnitřní soustružení. Z nich byly po té vybrány 3 nože pro vnější a 3 nože pro vnitřní soustružení. Nejčastěji nabízeným nástrojovým držákem pro vnější soustružení je klasický zapichovací nůž s čtvercovým průřezem o rozměrech 25x25, nebo 32x32 mm, bez vnitřního přívodu chladicí kapaliny. Tento nůž se nachází v nabídce všech výrobců. U nástrojů pro vnitřní soustružení jde o nástroj s průřezem $\varnothing 40$ a $\varnothing 50$ mm. Zde je již přívod chladicí kapaliny realizován tělem nástroje.

Použitá literatura

- [1] Historie a současnost Pramet Tools - iProsperita.cz. *Home -iProsperita.cz* [online]. Copyright © 2010 [cit. 02.05.2018]. Dostupné z: <https://www.iprosperita.cz/firmy/2145-historie-a-soucasnost-pramet-tools>
- [2] Hliník a jeho slitiny. *ALFUN – Home* [online]. Dostupné z: <http://www.alfun.cz/o-hliniku>
- [3] Základní fyzikálně-chemické vlastnosti. ALINVEST - Hliník pro příští generaci [online]. Copyright © 2003 [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <https://www.alinvest.cz/cs/hlinik/vlastnosti-hliniku>
- [4] VOJTĚCH, Dalibor. *Kovové materiály*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN isbn80-7080-600-1.
- [5] Nízkolegované oceli třídy 15, složení a tepelné zpracování | TumliKOVO: *Technologie strojího obrábění kovů. Technologie strojího obrábění kovů a broušení nástrojů* [online]. Copyright © 2010 TumliKOVO. Všechna práva vyhrazena. [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/nizkolegovane-konstrukcni-oceli-tridy-15-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [6] *Alu kola Škoda Octavia III (5E) - Platin P69 FullBlack 6,5x16 ET46* | www.nosice-autoboxy.cz. www.nosice-autoboxy.cz [online]. Dostupné z: <https://www.nosice-autoboxy.cz/nosice-autoboxy-cz/eshop/0/0/5/2413-Alu-kola-Skoda-Octavia-III-5E-Platin-P69-FullBlack-6-5x16-ET46>
- [7] Hliníkové a plechové disky - jaké mají výhody a nevýhody? | Auto-gril.cz | Auto-moto magazín [online]. Copyright © 2013 [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <http://auto-gril.cz/hlinikove-a-plechove-disky-jake-maji-vyhody-a-nevyhody/>
- [8] DA, Radek. *Technologie tváření a slévání. 1. vyd.* Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010. 126 s. ISBN 978-80-248-2274-7
- [9] Kování - OZ Racing. [online]. Copyright © 2018 O.Z. S.p.A. All Rights Reserved [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <https://www.ozracing.com/cz/svet-oz/technologie/produkt/2915-kovani>
- [10] PNEU DRNEC, *Technologie a postupy výroby námi prodáváných litých kol* [online] Pneuservis Plzeň, [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <http://www.pneudrnc.cz/rady-pneuprofesionalu/technologie-a-postupy-vyroby-nami-prodavanych-kol.htm>
- [11] *Encyklopedie hliníku*. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005. ISBN isbn80-89041-88-4.

- [12] *Obráběcí nože, parametry obrábění, slinuté karbidy (druhy a použití)*. [online]. Dostupné z: <http://www.markagro.cz/cs/technicke-informace/56-soustruzeni/173-obrabeci-noze-parametry-obrabeni-slinute-karbidy-druhy-a-pouziti.html>
- [13] Sadílek, Dubský, OBRÁBĚNÍ I – výběr přednášek. Ostrava 2015, ISBN 978-80-248-3831-1
- [14] Nástrojové systémy - http://utopm.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013_5_Nastrojove_systemy_2013.pdf
- [15] CERATIZIT - *Tools and inserts for aluminium wheel machining* Home [online]. Copyright © [cit. 02.03.2018]. Dostupné z: http://www.ceratizit.com/fileadmin/_Images_and_files/Produkte/PW_Zerspanung/Automobil/Alurad/GD_KT_PRO-0129-1212_%23SEN_%23ABS_%23V1.pdf
- [16] products | WNT. *Zerspanungswerkzeuge | Wendeschneidplatten | WNT* [online]. Copyright © CERATIZIT WNT Ltd. [cit. 03.05.2018]. Dostupné z: <https://www.wnt.com/ie/products/Tool%20Holders/VDI%20adapters%20--%20ISO%2010889/Tool%20holders%20DIN%2069880/>
- [17] Pramet tools s.r.o - *Příručka obrábění 2004* [online]. [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: http://www.isstechn.cz/objekty/prirucka_obrabeni.pdf
- [18] Soustružnický nůž – Wikipedie. [online]. [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Soustružnický_nůž
- [19] Černění (brynýrování) – Galvanika. [online]. [cit. 11.05.2018]. Dostupné z. <http://www.galvanika.cz/cerneni.html>
- [20] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. 3. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1217-7.
- [21] Nástroje pro obrábění hliníkových slitin s mikroleštěným povrchem. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2018 www.mmspektrum.com [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nastroje-pro-obrabeni-hlinikovych-slitin-s-mikrolestenym-povrchem.html>
- [22] Doc. Ing. Anton Humár, CSc. *Materiály pro řezné nástroje*. Ústav strojírenské technologie [online]. Copyright © [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/mat_pro_rez_nastroje/materialy_pro_rezne_nastroje_v2.pdf

- [23] Doc. Ing. Anton Humár, CSc. *Technologie obrábění – 1. Část*. Ústav strojírenské technologie [online]. Copyright ©D [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf
- [24] *Speciální syntetický diamant určený pro obrábění*. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2018 www.mmspektrum.com [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/specialni-synteticky-diamant-urceny-pro-obrabeni.html>
- [25] Nová generace průmyslového diamantu. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2018 www.mmspektrum.com [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/nova-generace-prumysloveho-diamantu.html>
- [26] RIBOLÓGIA : *Diamantové povlaky*. : TRIBOLÓGIA : [online]. Copyright © 2008 [cit. 27.02.2018]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-12014/diamantove-povlaky.html>
- [27] doc. Ing. Robert ČEP, Ph.D. *Technologie obrábění v příkladech*. Vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2013. ISBN 978-80-248-3014-8.
- [28] *Diamantové leštící pasty*, CBN lapovací pasty | DIAMA CZ s.r.o.. Diamantové nástroje, CBN nástroje | DIAMA CZ s.r.o. [online]. Copyright ©2005 [cit. 28.02.2018]. Dostupné z: http://www.diama.cz/lapovaci_lestici_pasty.html
- [29] PUMA AW560 II, AW560-MF II, AW660 II : Doosan Machinetools. [online]. Copyright © 2018 Doosan Machine Tools [cit. 28.02.2018]. Dostupné z: http://www.doosanmachinetools.com/en/product/detail.do?CATEGORY_ID=mten010600&PRODUCT_ID=mtenp0040
- [30] *Co zvolit pro obrábění Al slitin?*. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2018 www.mmspektrum.com [cit. 02.03.2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/co-zvolit-pro-obrabeni-al-slitin.html>
- [31] CERATIZIT \ Home [online]. Copyright © [cit. 02.03.2018]. Dostupné z: http://www.ceratizit.com/fileadmin/_Images_and_files/Produkte/PW_Zerspanung/Automobil/Alurad/GD_KT_PRO-0129-1212_%23SEN_%23ABS_%23V1.pdf
- [32] KYOCERA Precision Tools, Inc. [online]. Copyright © [cit. 25.04.2018]. Dostupné z: http://www.kyoceraprecisiontools.com/indexable/pdf/Turning_Catalog_G_Grooving.pdf
- [33] KORLOY. *Machining Al wheels*. [online]. Copyright © [cit. 11.05.2018]. Dostupné z: <http://www.korloy.com/newkorloy/ger/file/173-3%20Machining%20Al%20Wheels.pdf>

- [34] ISCAR Cutting Tools - Metal Working Tools - CF5 A-SVXCR-22. Object moved [online]. Copyright © 2018 ISCAR LTD. Manufacturer of Metalworking Tools [cit. 11.05.2018]. Dostupné z:
<http://www.iscar.com/Ecatalog/Family.aspx?fnum=2956&mapp=TG&app=190&GFSTYP=M>
- [35] Sandvik Coromant Publications - Soustružnické nástroje 2017. [online]. Dostupné z:
http://sandvik.ecbook.se/se/cs/turning_tools_2017/
- [36] KENNAMETAL. *Master Catalogue 2018 – Turning Tools* [online]. Dostupné z:
<http://catalogs.kennametal.com/?RelId=6.11.15.0.p1.15&lang=enm>
- [37] *Povlakování nástrojů metodou PACVD*. Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum [online]. Copyright © 2018 www.mmspektrum.com [cit. 16.05.2018]. Dostupné z:
<https://www.mmspektrum.com/clanek/povlakovani-nastroju-metodou-pacvd.html>
- [38] Upínače nástrojů (2) | Technický týdeník. TT | Technický týdeník [online]. Copyright © Business Media CZ, Nádražní 32, 150 [cit. 16.05.2018]. Dostupné z:
https://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/upinace-nastroju/upinace-nastroju-2_8498.html
- [39] *Modifikace slitiny AlSi7Mg0,3*. Digitální knihovna UPa [online]. Copyright © [cit. 16.05.2018]. Dostupné z:
http://dspace.upce.cz/bitstream/handle/10195/54197/CaisJ_ModifikaceSlitiny_2013.pdf?sequence=1
- [40] *Hliník AlMgSi - ČSN 424401*. Hliníkové profily, hliníkové plechy, hliníkové systémy | NPS PROAL Ostrava [online]. Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/424401.htm>
- [41] *Označování hliníku a slitin hliníku podle ČSN EN*. Raketáři [online]. Dostupné z:
http://www.raketaci.cz/media/kunena/attachments/43/oznacovani_hliniku.pdf
- [42] Skupiny obráběných materiálů. Document Moved [online]. Copyright © Sandvik Coromant [cit. 18.05.2018]. Dostupné z: https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/materials/workpiece_materials/workpiece_material_groups/pages/default.aspx

Seznam tabulek

TABULKA 1 – CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLITINY ALMgSi ⁴⁰	13
TABULKA 2 – CHEMICKÉ SLOŽENÍ SLITINY ALSi7MgO,3 ³⁹	13
TABULKA 3 – MECHANICKÉ VLASTNOSTI SLITINY ALSi7MgO,3 ³⁹	13
TABULKA 4 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI KYOCERA ³²	32
TABULKA 5 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI KORLOY ³³	33
TABULKA 6 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI KYOCERA ³³	33
TABULKA 7 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI ISCAR ³⁴	34
TABULKA 8 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI ISCAR ³⁴	35
TABULKA 9 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI SANDVIK COROMANT ³⁵	36
TABULKA 10 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI SANDVIK COROMANT ³⁵	37
TABULKA 11 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI CERATIZIT ³¹	38
TABULKA 12 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI CERATIZIT ³¹	38
TABULKA 13 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI KENNAMETAL ³⁶	39
TABULKA 14 – SORTIMENT NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ SPOLEČNOSTI KENNAMETAL ³⁶	39
TABULKA 15 – PŘEHLED SORTIMENTU NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNĚJŠÍ SOUSTRUŽENÍ.....	40
TABULKA 16 – PŘEHLED SORTIMENTU NÁSTROJOVÝCH DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ SOUSTRUŽENÍ.....	41

Seznam příloh

Příloha č. 1	Podrobná tabulka sortimentu zapichovacích nástrojových držáků pro vnější a vnitřní soustružení
---------------------	--